

Juho Koskinen

KROMAAMON JÄTEVESILAITOKSEN ENNAKOIVA  
KUNNOSSAPITO

SAMK:n kone-ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
2015

## KROMAAMON JÄTEVESILAITOKSEN ENNAKOIVA KUNNOSSAPITO

Koskinen, Juho  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
SAMK:n kone- ja tuotantotekniikka  
Toukokuu 2015  
Ohjaaja: Juuso, Jarmo  
Sivumäärä: 42 (1 sivu ei julkinen)  
Liitteitä: 2 (6 liitettä ei julkisia)

Asiasanat: kunnossapito, RCM, jätevesilaitos, luotettavuuskeskeinen kunnossapito

---

Opinnäytetyössä selvitettiin pintakäsittelylinjojen jätevesilaitoksen kunnossapidon parannuskohteita hyödyntäen luotettavuuskeskeisen kunnossapidon keskeisiä työkaluja. Jätevesilaitoksen laitteet lueteltiin ja luokiteltiin kunnossapidon tarpeen mukaan. Vikaantumisherkille laitteille kuvattiin tarvittavat huoltotoimenpiteet ja –välit. Kemikaalisäiliöiden ja –putkistojen kunnossapito tarpeet määritettiin TUKES:en kemikaalimääräysten ja ohjeiden mukaisesti.

Jätevesilaitoksen raskasmetalli-pitoisuuksista ja pH-tuloksista tehtiin graafisia kuvaajia, joita analysoitiin tilastollisin menetelmin. Kuvaajista voitiin todeta prosessin suorituskyvyn vaihtelevan eri kunnossapitoon ja prosessihäiriöihin liittyvistä syistä. Näistä kuvaajista luotiin erilliset toimenpide-ehdotukset, joilla voitaisiin parantaa prosessin onnistumista.

## Predictive maintenance of chrome plating in waste water treatment plant

Koskinen, Juho

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in mechanical and production engineering

May 2015

Supervisor: Juuso, Jarmo

Number of pages: 42 (1 page not public)

Appendices: 2 (6 appendices not public)

Keywords: maintenance, RCM, waste water treatment plant

---

The aim of this thesis was to evaluate the improvements of the maintenance of the waste water treatment of plating lines by using relevant tools of RCM-method. The equipment of the waste water treatment were listed and classified according need of the maintenance. The equipment with high sensitive to failures was described procedures and intervals of the maintenance. The maintenance needs for chemical tanks and pipe lines were evaluated according regulations and instructions of TUKES.

Out of heavy metals and pH reports it was made graphical curves and these were analyzed with statistic methods. From the graphical curves it was possible to state that the performance of the waste water treatment process was not continuously under control due to the maintenance and process disturbance. Out of these graphical curves it was created the separate suggestions of the improvement with which could be possible to improve the performance of the process.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tavoitteet .....	6
2	YLEISTÄ ORAKSESTA.....	7
2.1	Hanan valmistusvaiheet .....	8
2.2	Kromaamo.....	9
2.3	Puhdas - ja jätevesilaitos .....	9
3	KUNNOSSAPITO .....	11
3.1	Mitä on kunnossapito .....	11
3.2	Korjaava kunnossapito .....	12
3.3	Parantava kunnossapito.....	13
3.4	Ehkäisevä kunnossapito .....	13
3.5	RCM Luotettavuuskeskeinen kunnossapito.....	14
	3.5.1 Tilastollisten menetelmien käyttö kunnossapidossa.....	14
	3.5.2 Valvontakortti .....	15
3.6	Kemikaalisäiliöiden kunnossapito ja valvonta.....	17
3.7	Putkistojen kunnossapito ja valvonta.....	17
4	JÄTEVESILAITOKSEN KUNNOSSAPITO ANALYYSI.....	21
4.1	Jätevesilaitoksen laitteiden analysointi .....	21
4.2	Jätevesilaitoksen luotettavuuden seuranta .....	22
5	JÄTEVESILAITOS.....	23
5.1	Jatkuvatoiminen neutralointilinja.....	23
	5.1.1 Kromin pelkistysallas L1 .....	23
	5.1.2 Saostusallas L2 .....	24
	5.1.3 Neutralointiallas L3 .....	24
	5.1.4 Flokin muodostusallas L4.....	25
	5.1.5 Selkeytin L5 .....	25
	5.1.6 Hiekkasuodatin L6.....	26
	5.1.7 Kammiosuodatin.....	26
6	VIKAANTUMISHERKÄT LAITTEET .....	28
6.1	Magneettivetoiset keskipakopumput .....	28
	6.1.1 Magneettivetoisten keskipakopumppujen Huolto .....	28
6.2	pH-anturit.....	29
	6.2.1 pH-anturin Huolto .....	29
6.3	eH-anturi .....	30

6.3.1	eH-anturin Huolto.....	31
6.4	UV-sterilointilamppu .....	31
6.4.1	UV-sterilointilampun Huolto.....	31
6.5	UV-lampun jälkeinen suodatin .....	32
6.6	Ionivaihdetun veden patruunasuodatin .....	33
6.6.1	Patruunasuodattimen Huolto .....	33
6.7	Annostelukalvopumput .....	34
6.7.1	Kalvoannostelupumpun huolto.....	34
6.8	Magneettitoiminen.kalvoannostelupumppu .....	35
6.8.1	Magneettitoimisen kalvoannostelupumpun huolto.....	35
6.9	Ilmatoiminen kaksoissylinteriannostelupumppu .....	36
6.9.1	Ilmatoimisen kaksoissylinterin huolto.....	36
7	PUTKISTOT .....	37
7.1	Putkistojen kunnossapito ja valvonta.....	37
8	SÄILIÖT .....	40
8.1.1	Säiliöiden kunnossapito-ohjelma.....	40
8.2	Kemikaalisäiliöiden kunnon seuranta .....	40
9	YHTEENVETO .....	42
	LÄHTEET .....	43
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tavoitteet

Työn tarkoituksena on luoda Oraksen kromaamon vesilaitokselle laitteisiin, putkistoihin ja säiliöihin kunnossapito-ohjelma, joka vastaa nykyisiä vaatimuksia laitteiden käytettävyydestä ja turvallisuudesta. Tämän ohjelman avulla voidaan ennakoida laitteiden rikkoutuminen ja korjata ne ennen kuin prosessi keskeytyy, tai aiheuttaa turvallisuuteen riskejä. Järjestelmä luomiseksi vesilaitoksen mekaaniset osat tullaan luetteloimaan ja rekisteröimään kunkin laitteen erilaiset kunnossapito- ja tarkastustarpeet

Jäteveden metallipitoisuuksia ja pH-tietoja analysoidaan eri vuosilta ja selvitetään mahdolliset vikaantumisen aiheuttamat tekijät. Tekijöitä tutkimalla ja löytämällä näiden eliminoimiskeinot voidaan jatkossa estää poikkeamat. Analyysistä luodaan raportti, jossa määritellään tarvittavat kehitystoimenpiteet. Jos kehitystoimenpiteitä ei kaikkia voida heti ratkaista, jää ne Oraksen toteutettavaksi tulevaisuudessa.

Yrityksen vesilaitoksessa tuotetaan raakavesi kahteen pintakäsittelylinjaan ja samalla käsitellään raskasmetallipitoisia jätevesiä, jotta ne voidaan laskea kunnalliseen jätevesiverkkoon.

Tässä työssä selvitetään kunnossapitoon liittyviä asioita joiden avulla jätevesilaitoksen käyttövarmuutta parannetaan ja varmistetaan laitoksen turvallisuus.

Laitoksessa käsitellään terveydelle ja ympäristölle vaarallisia kemikaaleja. Tästä syystä laitoksen lakisääteiset vaatimukset selvitetään ja luodaan tarvittavat menettelyt vaatimusten täyttämiseksi, mikäli olemassa oleva menettely ei vastaa nykyisiä vaatimuksia.

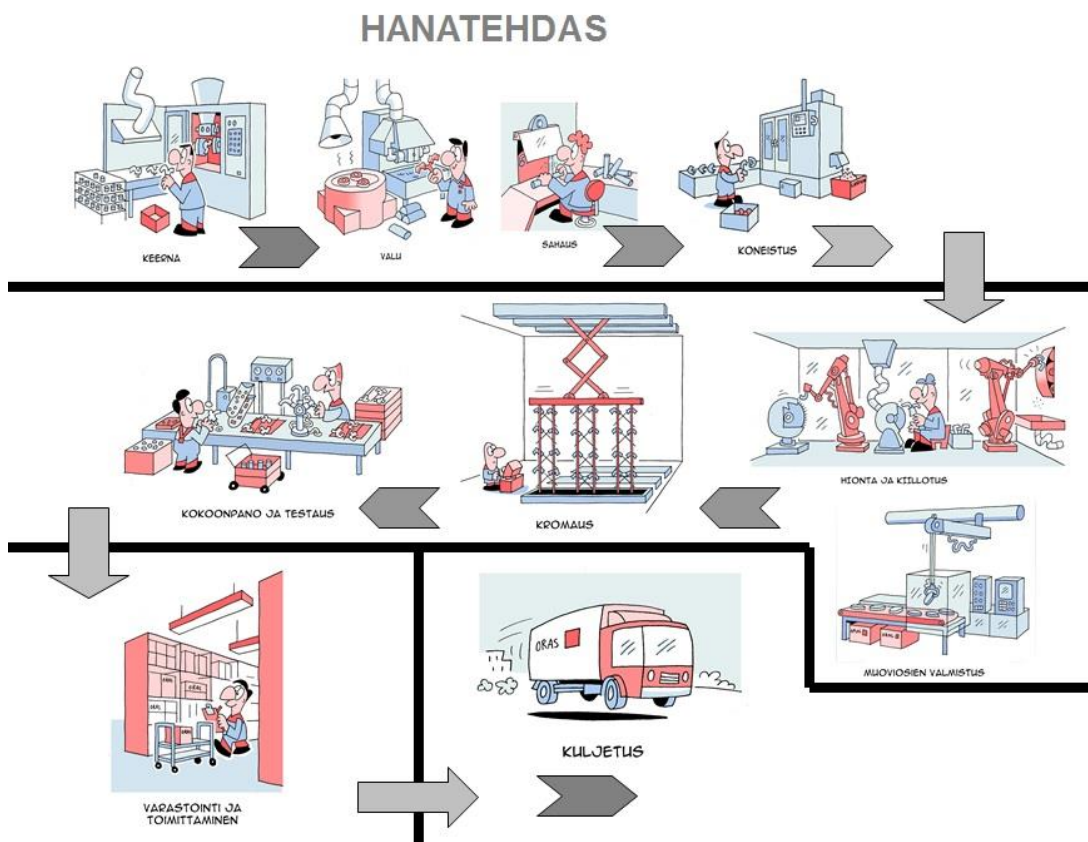
## 2 YLEISTÄ ORAKSESTA

Oras Group on merkittävä eurooppalainen hanavalmistaja, jolla on kaksi vahvaa brändiä: Hansa ja Oras. Oras Groupin muodostavat Oras Oy ja Hansa Armaturen GmbH tytäryhtiöineen. Konserni on markkinajohtaja Pohjoismaissa ja johtavia yrityksiä Manner-Euroopassa.

Konsernin pääkonttori sijaitsee Raumalla ja tehtaat Saksan Burglengenfeldissä, Tsekin Kralovicessa ja Puolan Olesnossa sekä Raumalla. Konserni myy tuotteitaan noin 19 eri maassa. Oras Groupin vuoden 2014 liikevaihto oli 258,1 miljoonaa euroa ja tilikauden lopussa konserni työllisti 1420 henkilöä. Oras Groupin omistaa Oras Invest, joka on perheyhtiö ja teollinen omistaja.

Oras Oy on perustettu vuonna 1945 ja 1950-luvulla aloittanut hanojen valmistuksen, Nykyisin Oras on hana- ja suihkuvalmistuksen edelläkävijä keskittyen tuotteiden käyttäjäystävällisyyteen, veden ja energian säästöön, turvallisuuteen ja designiin. Oras on kosketusvapaiden ja älyhanojen markkinajohtaja. /1/

## 2.1 Hanan valmistusvaiheet



Kuva 1. Hanan rungon valmistusvaiheet.

Hanan rungon valmistus alkaa valimossa hanarunгон valamisella messingistä. Hanan runko saadaan ontoksi käyttämällä hiekkakeernaa, joka on valmistettu hiekasta ja sideaineista. Valussa sideaine palaa pois ja hiekka poistetaan hanasta valun jälkeen sinkohiekkapuhalluksella. Tämän jälkeen hanan rungosta poistetaan ylimääräiset valukanavistot ja purseet käsin vannesahalla tai automaattisesti laikkakatkaisukoneella. Hanan vaatimat tarkat mitat ja tiivistepinnat tehdään koneistamossa yleensä jyrsinkoneilla. Jyrsinkoneet ovat pääosin NC-ohjattuja työstökeskuksia tai rumputyöstökoneita.

Hanan pinta työstetään lähes peilikirkkaaksi hiomalla hiomanauhoilla ja kiillottamalla kiillotuslaikoilla ja -vahoilla. Prosessi tehdään lähes kokonaan robottien avulla. Hanojen ABS-muoviset osat valmistetaan muovipuristamossa ruiskuvalamalla. Ruiskuvalukoneessa sulaa muovi ruiskutetaan korkealla paineella teräsmuottiin, jolloin jäähtyessään tuote on valmis.



Elektrolyttisessä pintakäsittelyssä eli kromaamossa hanarungot ja muut osat pinnoitetaan erilaisilla metallipinnoitteilla, joiden tarkoituksena on parantaa tuotteen korroosio- ja kulutuskestävyyttä.

Kokoonpanossa hanan osat kootaan yhteen ja testataan valmiin tuotteen toimivuus ja tiiveys. Kokoonpanomenetelmänä käytetään manuaalista tai automaattista kokoonpanoa.

Valmiit tuotteet toimitetaan varastoon, josta toimitukset lähetetään asiakkaille tai Oraksen muihin varastoihin.

## 2.2 Kromaamo

Messinkiset hanarungot pinnoitetaan messinkikromaamossa ja ABS-muoviset hana-tuotteet muovikromaamossa. Tuotteiden pinnoitus tapahtuu automatisoiduissa linjoissa, mutta tuotteet on ripustettava ja purettava manuaalisesti. Pinnoitus tapahtuu molemmissa kromaamoissa nikkeli-kromipinnoitteella, mutta niiden esikäsittely poikkeaa toisistaan. Muovituotteet esikäsitellään linjassa kemiallisella nikkelillä ja tämän jälkeen vielä elektrolyttisessä vaiheessa kuparoinnilla. Messinkiset tuotteet taas esikäsitellään erilaisilla kappaleen puhdistus- ja aktivointivaiheilla.

## 2.3 Puhdas - ja jätevesilaitos

Laitoksen tärkein tehtävä on tuottaa ionivaihdettua vettä kromaamoihin. Ionivaihdettua vettä käyttää myös valimo ja muovipuristamo. Nämä osastot käyttävät kuitenkin vain murto-osan koko kulutuksesta. Ionivaihdettua vettä tuotetaan ionivaihtimilla (anioni - ja kationivaihtimet) kaupungin vedestä 30 m<sup>3</sup>:n säiliöjärjestelmään, josta toimitetaan pumppujen avulla vettä noin 100 m<sup>3</sup> päivässä eri tarpeisiin kromaamoissa.

Toinen tärkeä tehtävä on käsitellä jätevedet niin että ne voidaan päästää kaupungin puhdistuslaitokselle. Huuhteluvedet käsitellään vain jatkuvatoimisella jätteenkäsittelylinjalla, koska siinä on raskasmetalleja vähemmän. Muut väkevämmät (konsentraatit) raskasmetallipitoiset kylvyt käsitellään manuaalisesti panoskäsittelyssä. Nämä

jätevedet käsitellään vielä toiseen kertaan jatkuvatoimisella jätteenkäsittelylinjalla, jonka avulla varmistetaan haluttu raskasmetallipitoisuus. Ohessa Oraksen jätevesille asetetut raja-arvot, jotka on määritelty oraksen ympäristöluvassa.

Kokonais-Cr	Cr 6+	Cu	Ni	pH
0,5 mg/l	0,1 mg/l	0,5 mg/l	1,0 mg/l	10,5

Kuva 2. sallitut maksimipitoisuudet.

### 3 KUNNOSSAPITO

#### 3.1 Mitä on kunnossapito

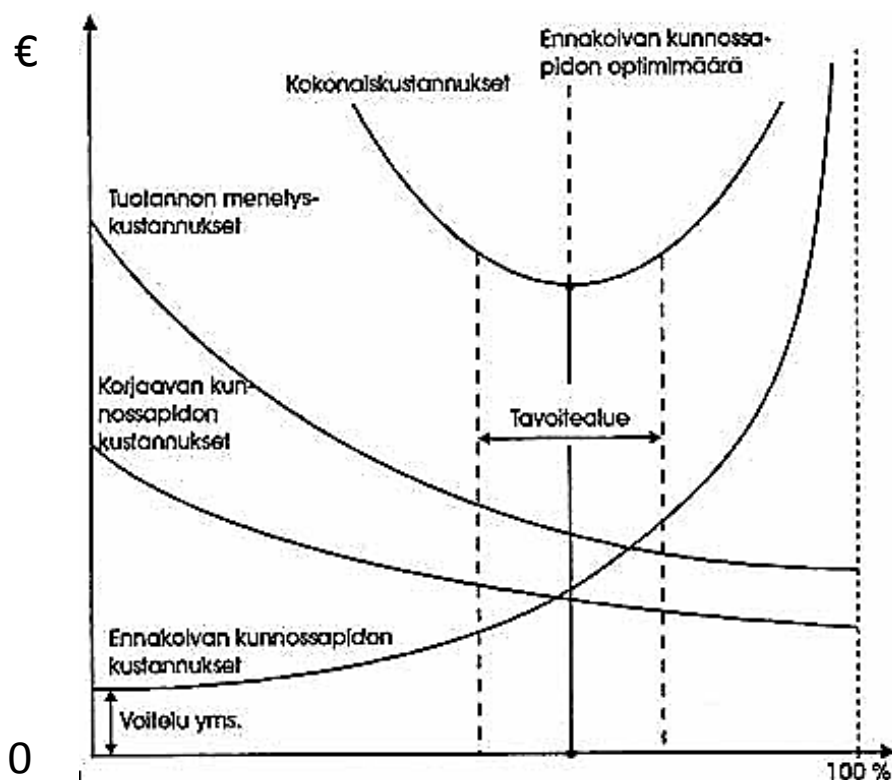
Teollisuuden kunnossapito on koneiden ja laitteiden kiinteistön toimintakunnon ylläpitoon liittyvä nimitys, jolla varmistetaan tuotannon jatkuvuus, turvallisuus ja laadukkuus.

Kunnossapito ei itsessään tarkoita muuta kuin korjaamista, mutta siihen on liitetty erilaisia ajattelu- ja toimintatapafilosofioita, kuten ennakoiva, korjaava, automaattinen, tuottava ( TPM= total productive maintenance) ja niin edelleen , jolloin se saa laajemman merkityksen. Nykyisin kunnossapitoa pidetään jopa omana tieteenhaaran.

Kunnossapidon onnistumista yleensä mitataan:

Käyttöaste	%	Käyttöaika/kalenteriaika
Käytettävyys (K)	%	Käyttöaika / suunniteltu käyttöaika
Kokonaistehokkuus (KNL)	%	Käytettävyys x toiminta-aika x laatukerroin

Parhaimmillaan kunnossapito on tarkastamista ja ennakkohuoltamista, jolla varmistetaan koneiden käytettävyys. Käytännössä kuitenkin kustannukset ohjaavat korjaavan/ennakoivan kunnossapidontyön määrän. Oheisessa kuvassa 3 esitetty ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon suhteelle taloudellinen optimi. /2/



Kuva 3. Ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon taloudellinen optimi. /3/

### 3.2 Korjaava kunnossapito

Korjaavassa kunnossapidossa tarkoitetaan kohteen korjaamista, kun laite on rikkoutunut. Korjaava kunnossapito on yleisin ja perinteisin korjausmuoto.

Korjaavassa kunnossapidossa toimintatavoitteet vaihtelevat ja ne voidaan erotella seuraavasti:

- Väliaikainen korjaus, jossa tavoitteena on mahdollisimman pieni toimintakatkos aika.
- Toimintakyvyn entiselleen palauttavalla korjauksella tarkoitetaan laitteen korjausta tai vaihtamista uuteen.
- Parantava korjaus tarkoittaa vian toistumisen estämistä. /4/

### 3.3 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito voidaan luokitella kolmeen eri luokkaan. Ensimmäisessä luokassa ei muuteta laitteen suorituskykyä, vaan voidaan muokata kohdetta käyttämällä uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäiset osat.

Toisessakaan luokassa ei niinkään muuteta laitteen suorituskykyä, vaan pyritään muokkaamaan koneen toimintaa luotettavammaksi. Tämä tapahtuu laitteiston uudelleensuunnitteluilla ja korjauksilla.

Kolmannessa luokassa muutetaan kohteen suorituskykyä. Tätä kutsutaan modernisaatioksi, jossa saattaa muuttua valmistusprosessi kokonaan. Esimerkiksi vanhentunut paperikone, joka ei pysty enää valmistamaan kilpailukykyisesti uutta paperia. /4/

### 3.4 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan säännöllisin aikavälein tai asetettujen vaatimusten täytyessä. Tarkoituksena on pienentää laitteiden rikkoontumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu:

- Tarkastaminen
- Kunnonvalvonta
- Määräystenmukaisuuden toteaminen
- Testaaminen/toimintakunnon toteaminen
- Käynninvalvonta
- Vikaantumistietojen tulkinta

Kunnonvalvontaa voidaan suorittaa laitteiden toimiessa tai huoltoseisokin aikana. Kunnonvalvonnan avulla voidaan etsiä mahdollisia vikoja tai todeta laitteen olevan toimintakunnossa. /4/

### 3.5 RCM Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

RCM-metodi on kunnossapidon toimintaohjelma, jonka avulla voidaan saavuttaa toiminnan käyttövarmuus-, taloudelliset ja turvallisuustavoitteet. RCM perustuu vikaantumismekanismien selvittämiseen ja tehokkaisiin huoltoihin ja kunnossapitomenetelmiin. RCM-metodiikassa yleensä yhdessä käyttöhenkilökunnan ja kunnossapidon kanssa selvitetään toimintahäiriön tai huonon suorituskyvyn syyt vika-analyysien ja vikaantumishistorian avulla.

Ainoa tapahtuma, joka estää laitteen toiminnan on vikaantuminen eli toimintahäiriö. Näin ollen on tunnistettava millaisissa tilanteissa tai tapahtumissa viat ilmenevät ja mitä ne ovat. Mahdollisia vikaantumistapoja ovat:

- Kuluminen
- Väsyminen
- Korroosio
- Likaantuminen
- Rikkoontuminen
- Ja niin edelleen

Vikaantumistapojen lisäksi tarvitaan tietoa millä todennäköisyydellä viat ilmenevät. Todennäköisiä vioittumistapoja ovat:

- Tyypilliset vioittumiset kyseessä oleville laitteille.
- Vioittumistavat, joiden takia tehdään ennakoivaa kunnossapitoa.
- Mahdolliset vioittumistavat.

Erittäin epätodennäköiset vioittumistavat analysoidaan, jos niistä aiheutuvat vahingot ennakoidaan suuriksi. /4/

#### 3.5.1 Tilastollisten menetelmien käyttö kunnossapidossa

Laatutyökalut, kuten histogrammit, valvontakortit ja vuokaaviot ovat menetelmiä, joilla voidaan selvittää ovatko prosessit hallinnassa. Laatutyökalujen avulla voidaan oppia ja tutkia kyseistä prosessia sekä analysoida virheiden vaikutuksia lopputulok-

siin. Vikatilastoja ja kunnossapidon toimenpiteiden kirjauksia voidaan hyödyntää, mikäli tiedot ovat luotettavia ja prosessin toimivuudesta on olemassa muuta luotettavaa tietoa. Ongelmaksi saattanee muodostua se että nämä historiatiedot eivät huomioi välttämättä riittävästi parantavan kunnossapidon aikaansaannoksia.

### 3.5.2 Valvontakortti

Empiiristen jakaumien malleina käytetyt todennäköisyysjakaumat ovat tärkeitä tilastollisia menetelmiä. Näistä tärkeimpiä ovat normaalijakauma ja siitä johdetut jakaumat. Valvontakortti on tilastollisessa laadunohjauksessa käytettävä apuväline. Prosessinohjausta varten määritetään ohjauskortti, johon kirjataan prosessin mittausdata. Tästä tiedosta lasketaan valvontarajat, joka perustuu luonnollisen jakauman keskimääräiseen hajontaan. Nykyään valvontakortin tekeminen esimerkiksi excel-ohjelmalla on helppo tapa käyttää tilastollista valvontaa. Valvontarajoina voidaan käyttää annettua toleranssialuetta tai kyseessä olevan prosessin suorituskyvystä laskettuja erilaisia valvontasääntöjä, jotka antavat hälytyksen jos prosessi on muuttunut. Esimerkkejä laskentasäännöistä:

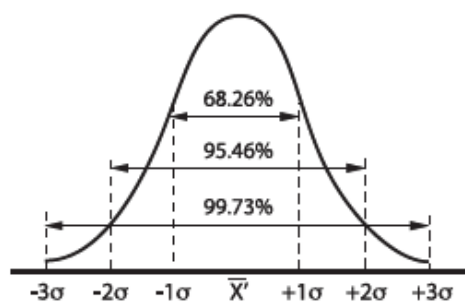
- Yksittäinen valvontarajan ylitys
- Kaksi kolmesta peräkkäisestä mittauksesta ovat yli kahden sigman.
- Neljä viidestä peräkkäisestä mittauksesta ovat yli yhden sigman.
- Kahdeksan peräkkäistä mittausta ovat samalla puolella keskiarvoa.

Normaalijakauman määrittelevät keskiarvo ( $\bar{x}$ ) ja standardipoikkeama (s). Standardipoikkeamasta käytetään hyvin usein myös nimeä sigma (s).

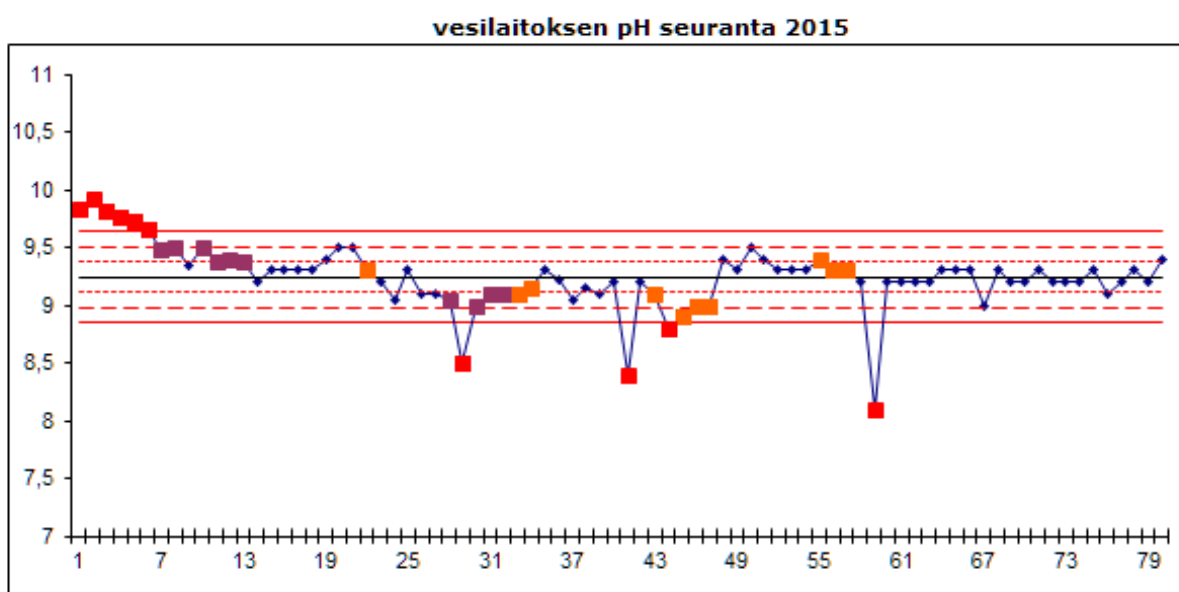
$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m f_i x_i :$$

Normaalijakaumassa on keskiarvoviivan molemmilla puolilla yhtä paljon mittausarvoja ja ne jakautuvat seuraavasti



Kuva 4. Normaalijakauma



Kuva 5. vesilaitoksen valvontakortti pH:sta.



### 3.6 Kemikaalisäiliöiden kunnossapito ja valvonta

Kemikaaleja varastoidaan sekä paineellisissa että enintään 0,5 baarin paineettomissa säiliöissä. Teollisuussäiliöt ovat yleensä kiinteitä isoja varastosäiliöitä tai muutoin vaativia erikoissäiliöitä, jotka ovat yleensä sijoitettu omiin suojakaukaloihin. Kemikaalisäiliöiden käyttöikä on sängen pitkä

Säiliön omistaja on vastuussa säiliön käytöstä ja kunnosta. Hyvä säiliön kunnossapito edellyttää säiliön säännöllistä tarkastusta. Säiliön kunnan tarkkailu on turvallisuuden lisäksi tärkeää myös ympäristöriskien minimoimiseksi ja taloudellisten menetysten välttämiseksi. Maaperän puhdistaminen maahan vuotaneesta kemikaalista voi tulla huomattavan kalliiksi. Säiliöiden tarkastusten on oltava suunnitelmallisia ja ohjeistettuja. Tarkastusohjelma perustuu riskianalyysiin, kokemuksiin, havaintoihin ja aiempiin tarkastustuloksiin.

Tarkastukset voi suorittaa käyttöhenkilöstö ohjeistuksen mukaan. Säiliötarkastukseen kuuluu aina varusteiden sekä mitta-, hälytys- ja turvalaitteiden toiminnan ja kunnan tarkastaminen sekä tarkastustulosten dokumentointi.

Oraksen jätevesilaitoksen kemikaalisäiliöiden valmistaja on aikaisemmin suorittanut tarvittavat määräaikaistarkastukset. Säiliöiden tarkastusta ei ole enää tarpeen ulkoistaa, vaan se voidaan suorittaa oman käyttöhenkilökunnan toimesta. /5/

### 3.7 Putkistojen kunnossapito ja valvonta

Putkistosta tehtyjen riskikartoitusten, kokemusten ja valmistajalta saatujen suositusten perusteella tehdään putkistolle määräaikaistarkastussuunnitelma sekä huolto- ja kunnossapitosuunnitelma, kuten säiliöillekin.

Painelaitesäädöksiä sovelletaan, jos putkiston suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 bar. Tällöin putkistot on suunniteltava, rakennettava ja tarkastettava painelaitesäädösten mukaisesti. Painelaitesäädöksissä putkistojen luokitteluun vaikuttavat:

- kemikaalin vaarallisuus (ryhmä 1 tai 2),

- kemikaalin olomuoto (kaasu tai neste) ja käyttölämpötila,
- putkiston nimellissuuruus (DN) ja putkiston suurin sallittu käyttöpaine. /5/

**Taulukko 1. Ryhmän 1 sisältö painelaitesäädöksissä**

Kemikaaliasetuksen mukainen kemikaalin luokitus	Varoitusmerkintä	R-lauseke
räjähtävä	E	R2, R3
erittäin helposti syttyvä	F+	R12
helposti syttyvä	F	R11, R17
syttyvä (jos korkein sallittu lämpötila > Lp)	—	R10
erittäin myrkyllinen	T+	R26, R27, R28
myrkyllinen	T	R23, R24, R25
hapettava	O	R7, R8, R9

Tähän ryhmään kuuluvat lisäksi kemikaalit, silloin kun niiden korkein sallittu lämpötila on leimahduspistettä korkeampi, riippumatta kemikaalin kemikaalissaadosten mukaisesta luokittelusta. Näitä voivat olla esim. kuumajäty ja raskas polttoöljy.  
(Ks. Pinalaitesäädöksen soveltamissuhte 2/20)

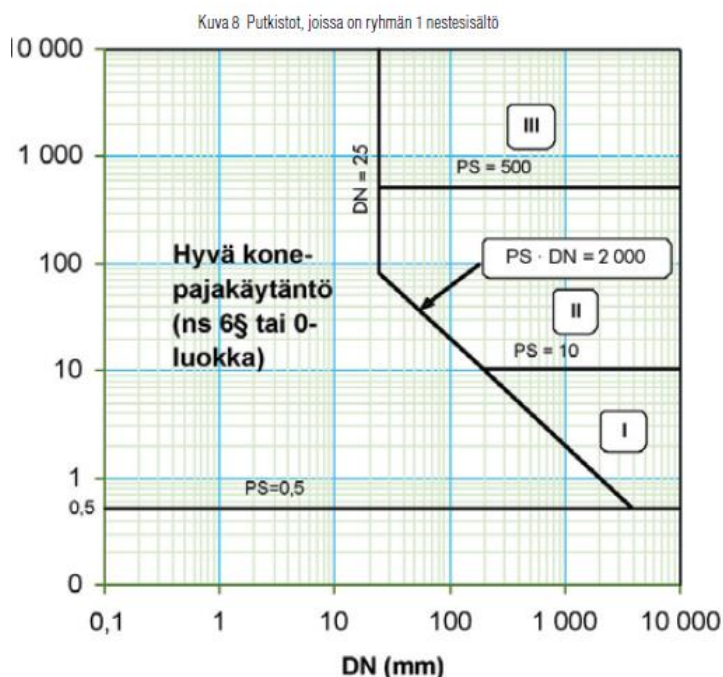
**Taulukko 2. Ryhmän 2 sisältö painelaitesäädöksissä**

Kemikaaliasetuksen mukainen kemikaalin luokitus	Varoitusmerkintä	R-lauseke
syttyvät (jos korkein sallittu lämpötila ≤ Lp)	—	R10
syövyttävät	C	R35, R34
ärsyttävät	Xi	R38, R36, R41, R37
herkistävät	Xn	R42, R43
ympäristölle vaaralliset	N	R50, R51, R52, R53
karsinogeeniset	T tai Xn	R40, R45, R49

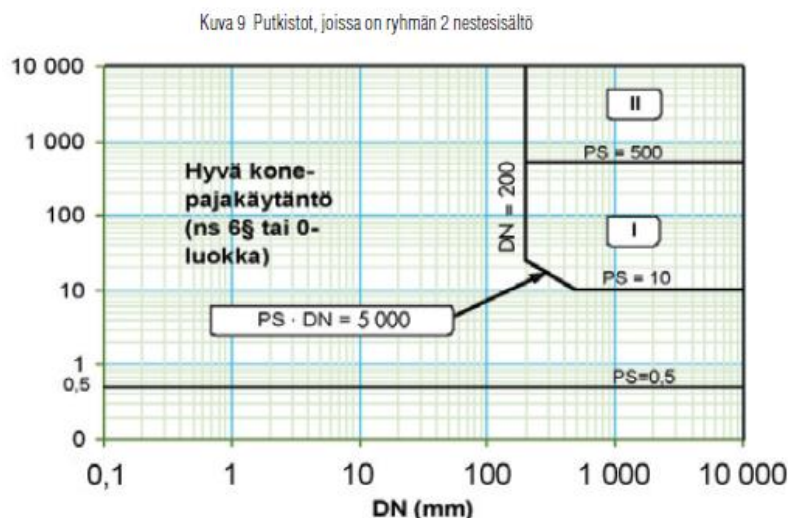
Tähän ryhmään kuuluvat kaikki kemikaalit, jotka eivät kuulu ryhmään 1. Tähän kuuluvat myös palavat nesteet, joiden leimahduspiste on yli 55°C, mutta enintään 100°C.

Leimahduspisteellä (Lp) tarkoitetaan sitä alinta lämpötilaa, jossa nesteen pinnasta normaali-ilmanpaineessa erottuu niin paljon höyryä, että se muodostaa pinnan lähellä olevan ilman kanssa syttyvän höyry-ilmakeksen.

.Kuva 6. Kemikaalien sisällöt painelaitesäädöksissä. /5/



Kuva 7. Ryhmän 1 putkistoluokitus. /5/



Kuva 8. Ryhmän 2. Putkistoluokitus. /5/

Kun on todettu käytettävät kemikaalit, putkistojen koot ja niissä vallitsevat paineet voidaan lukea taulukoista putkistoluokitus.

Putkistoluokkien 1-3 on täytettävä päätöksen 138/1999 turvallisuusvaatimukset.

Valmistaja toimittaa tilaajalle vähintään vaatimustenmukaisuusvakuutuksen ja käyttöohjeet. Tämän lisäksi putkisto on merkittävä CE-merkinnällä. Mikäli putkistossa käytetään taulukon 1 mukaisia kemikaaleja, painelaitteen tarkastuksen yhteydessä on tarkistettava myös putkisto tarkistuslaitoksen toimesta. Määräaikaistarkastusten avulla varmistetaan jatkossakin hyvä käyttöturvallisuus. /5/

Hyvään konepajakäytäntöön luokiteltu kemikaaliputkisto Jos putkisto on luokitusku-  
vassa alueella, jossa on merkintä ”Hyvä konepajakäytäntö (ns. 6§ tai 0-luokka)”, on  
putkisto valmistettava hyvän konepajakäytännön mukaisesti. Siltä ei edellytetä varsi-  
naista vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyä. Valmistajan on annettava hyvän  
konepajakäytännön putkistosta käyttäjälle asiakirjoina vähintään käyttöohjeet. Hy-  
vässä käyttöohjeessa neuvotaan, miten käyttäjä voi tehdä tarkastuksen. Ohjeisiin tu-  
lee merkitä:

- Putkiston suurin sallittu käyttöpaine
- Käyttölämpötilan ylä- ja alaraja
- Kemikaalit, joille putkisto on suunniteltu /5/

Seurannalla ja silmämääräisellä tarkastuksella voidaan korvata sisäpuoliset tarkastukset ja painekokeet silloin kun ne eivät painelaitteen rakenteellisista syistä ole kohtuudella mahdollisia. Tällaisia ovat esimerkiksi putkistot, maanalaiset tai maalla peitettyt säiliöt ja tyhjöeristeiset säiliöt. Tähän ryhmään saattavat kuulua myös painelaitteet, joiden sisäosat estävät tarkastuksen eikä painelaitetta voi kohtuudella purkaa. Menettelyllä ei voida korvata ensimmäistä määräaikaistarkastusta, käyttötarkastusta eikä muutostarkastusta. /5/

Oraksen jätevesilaitoksessa olevat kemikaalit kuuluvat luokituksen 2 ryhmään ja putkistokoot ovat kooltaan DN 10- 25 sekä enimmäispaine on kahden baarin luokkaa. Täten voidaan todeta riittäväksi tarkastusmenettelyksi hyvän konepajakäytännön noudattamat käyttöohjepohjaiset tarkastukset.

## 4 JÄTEVESILAITOKSEN KUNNOSSAPITO ANALYYSI

Opinnäytetyön kohteena olevassa vesilaitoksella yleisimmillä kunnossapidon mittareilla ei voida seurata laitoksen toimintaa, sillä vikaantumiset yleensä eivät pysäytä laitosta, vaan ne näkyvät metallipitoisuuksien raja-arvojen ylityksissä.

Opinnäytetyön lähtökohtana käytetään luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa (RCM, Reliability Centred Maintenance) RCM-metodin keskeisimmät toimintatavat ovat seuraavat:

- Luetellaan ja priorisoidaan prosessien laitteet ja kohdistetaan kunnossapito sellaisiin laitteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan. Priorisointikriteerit ovat vikaantumisherkyys, ympäristövaatimukset turvallisuus
- Selvitetään tehokkaat kunnossapitotoimenpiteet kaikille sellaisille laitteille, jotka priorisoidaan ehkäisevää kunnossapitoa vaativiksi.
- laaditaan valmiit toimintaohjeet käytettäväksi vikaantumisen ilmettyä, sellaisille laitteille, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä
- Tutkitaan historiadatan avulla jätevesikäsitteilyn onnistumista ja selvitetään mahdolliset virhelähteet.

### 4.1 Jätevesilaitoksen laitteiden analysointi

Jätevesilaitoksen kaikki säiliöt, putkistot, pumpput, anturit ja muut kunnossapitoon liittyvät laitteet luettelointiin excel-taulukkoon. Mallina on liite 8. Taulukosta löytyy laitteistojen sijainnit, tarkastusvälit, huoltotoimenpiteet ja muut oleelliset tiedot. Kemikaalilain edellyttävät tarkastukset on myös sisällytetty taulukkoon. Luettelointia ei ole aikaisemmin tehty, joten laiteluettelo laadittiin jätevesilaitoksen piirustusten ja kromaamon huoltohenkilökunnan avulla.

Laitteistojen huolto/tarkastusvälit määriteltiin laitteistojen omien käsikirjojen, kokemusten, kromaamon kunnossapidon ja jätevesilaitoksen käyttöhenkilökunnan avulla. Kemikaaliputkistojen ja –säiliöiden kunnossapito ovat TUKES:in ohjeiden ja kemi-

kaalilakien määrittelemät. Käytännössä kemikaaliputkistojen ja – säiliöiden kunnonvalvonta voidaan suorittaa käyttöhenkilökunnan seurannalla ja määräaikaistarkastuksin riittävän ohjeistuksen avulla.

#### 4.2 Jätevesilaitoksen luotettavuuden seuranta

Jätevesilaitokselle ei ole luotu erillistä mittaristoa kuvaamaan laitteiden käyttövarmuutta vaan ainoastaan jätevedenkäsittelyn onnistumista on seurattu analyysin ja kokonaispäästöjen kautta. Tästä johtuen olen opinnäytetyössäni tehnyt valvontakortin, josta voidaan tarkkailla jätevesiprosessin onnistumista tilastollisin menetelmin ja voidaan ennakoida suurempia poikkeamia. /Liite7/

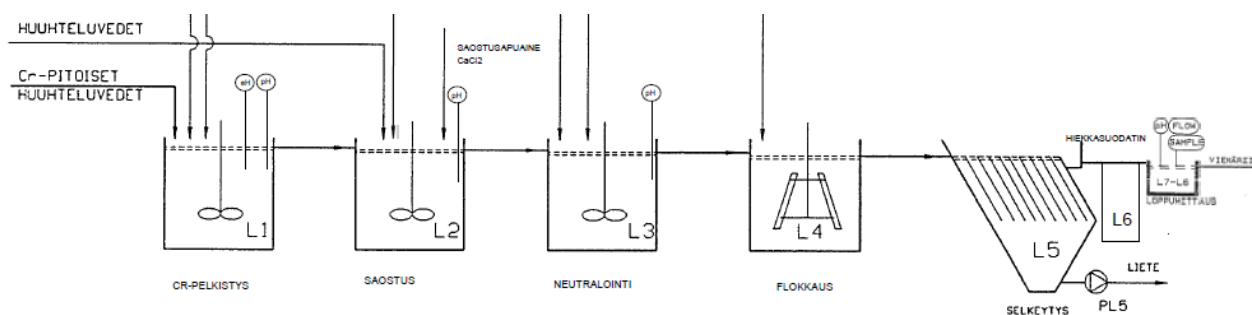
Opinnäytetyöhön luotiin myös graafisia kuvaajia raskasmetallipäästöistä ja pH-lukemista, joiden avulla prosessia voidaan parantaa jatkossakin. Mikäli tunnistettu ongelma aiheuttaa kokonaispäästöissä kasvun, pyritään löytämään keino vikaantumisen estämiseksi tai sen vaikutusten vähentämiseksi. /Liitteet 2-6/

## 5 JÄTEVESILAITOS

Jätevesilaitoksella on seuraavat prosessit:

- Jatkuvatoiminen neutralointilinja laimeille liuoksille eli metallien saostus hydroksidina
- Panoskäsittely konsentraateille
- Ionivaihdetunveden valmistus

Näihin prosesseihin liittyvät lisäksi tarvittavat kemikaalisäiliöt, - putkistot, pumput, annostelulaitteet, pH- ja eH-anturit ja muut laitteet.



Kuva 9. Prosessikaavio raskasmetallien neutralointilinjasta.

### 5.1 Jatkuvatoiminen neutralointilinja

#### 5.1.1 Kromin pelkistysallas L1

Allas L1 on jatkuvatoimisen linjan ensimmäinen vaihe. Altaaseen pumpataan laimeita kromipitoisia huuhteluvesiä. Altaaseen annostellaan natriumbisulfiittia ( $\text{NaHSO}_3$ ), joka pelkistää kromin kuusiarvoisen hapetusasteen kolmiarvoiseksi. Tämä hapetusasteen muutos mahdollistaa kromin saostumisen hydroksidina ja samalla kromin myrkyllisyysominaisuudet vähenevät.

Altaaseen pumpataan rikkihappoa ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) pH anturin ohjaamana ja pidetään pH:ssa n 2,5 ja redox- eli pelkistyspotentiaalimittauksen avulla annostellaan tarvittava määrä natriumbisulfiittia. Tällä Ph-arvolla pelkistysreaktion on nopea ja pelkistyspotentiaali mittari näyttää 200 - 300 mV.reaktion onnistumisen merkinä, Kromin pelkistymisen onnistumista häiritsevät muun muassa väärä pH, väärä redox-mittaus ja häiriöt kemikaaliannosteluissa.

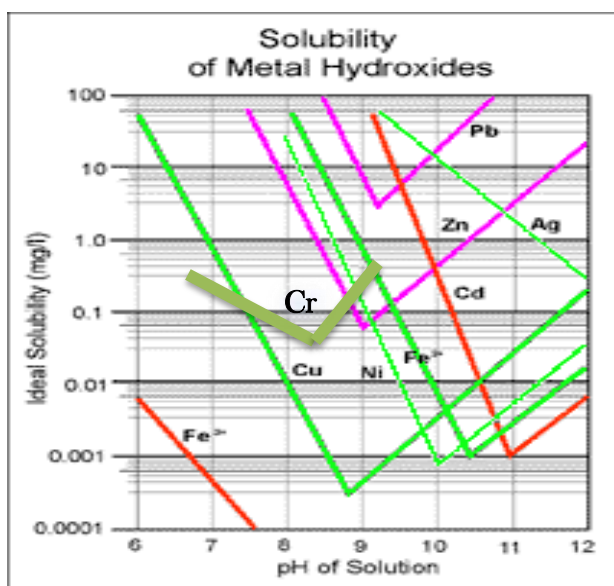
### 5.1.2 Saostusallas L2

Muut kuin kromipitoiset laimeat huuhtelu- ja jätekäsittelyvedet pumpataan suoraan altaaseen L2 edellisten käsiteltyjen kromipitoisten vesien lisäksi. Tässä altaassa lisätään tarvittavat saostumisen lisäaineet  $\text{CaCl}_2$ , ja pH:n nostoon tarvittava lipeä ( $\text{NaOH}$ ) ja saostusapuaine Scanpol. Saostusaltaan pH-säätimen arvoksi on asetettu 6,5.

Prosessiin lisätään kalsiumkloridia, koska Ca-ioni helpottaa raskasmetallien saostumista ja samalla estää kromin takaisinliukenemista. Scanpol saostusapuainetta. annostellaan käsittelyyn koska se hajottaa kompleksisia yhdisteitä, jotka häiritsevät metallien saostumista. Häiriöitä käsittelyyn voi aiheuttaa ongelmat kemikaaliannostelussa

### 5.1.3 Neutralointiallas L3

Kolmannessa altaassa tapahtuu neutralointi eli metallien saostuminen. Koska neutralointi suoritetaan lipeällä ( $\text{NaOH}$ ) kaikki raskasmetallit saostuvat hydroksideina kunakin metallin oman liukoisuuden mukaisesti pH:sta voimakkaasti riippuen oheisen kuvan mukaisesti.



Kuva10. Metallien liukoisuus, pH:n funktiona /6/



Yllä olevasta (kuva 10.) voi nähdä kunkin raskasmetallin liukenemisen teoreettisen arvon eli miten paljon minimissään kyseistä metallia voi olla liuoksessa eri pH:ssa. Käytännössä metallipitoisuudet ovat kuitenkin huomattavasti korkeampia, koska saostumista häiritsevät eri reaktio dynamiikan tekijät esimerkiksi reaktioaika ja muut häiritsevät yhdisteet kuten kompleksit eli kelaatit.

Altaaseen L3 pumpataan pH-anturin ohjauksella lipeää, asetusarvoiksi pH mittariin on valittu 9,5. Käytännössä pH pyrkii putoamaan prosessin altaan jälkeen koska saostumisen jatkuu vielä muissa vaiheissa. Häiriöitä saattaa aiheuttaa pH-anturin vikaantuminen ja häiriöt lipeän annostelussa.

#### 5.1.4 Flokin muodostusallas L4

Neljännessä altaassa tapahtuu flokin muodostuminen. Altaaseen syötetään flokkausainetta, joka on negatiivisesti varautunut anioninen polymeeri. Erotusprosessissa veden epäpuhtaudet kootaan yhteen suuriksi hiutaleiksi flokin avulla. Polymeeri sitoo saostetut hiukkaset toisiinsa, jolloin muodostuu vieläkin suurempia hiukkasia. Prosessissa on muodostunut kirkas vesi. Sekoitin aiheuttaa halutun sakan hiutalekoon. Mahdollisia häiriöitä prosessiin voi aiheuttaa annostelupumpun vikaantuminen.

#### 5.1.5 Selkeytin L5

Jatkuvatoimisen linjan viimeisessä altaassa hiutalemaiset hydroksidisakat painuvat selkeyttimen pohjalle, josta ne pumpataan kammiosuodattimeen. Puhdistettu vesi virtaa ylivuotona hiekkasuodattimeen ja käsittelyn jälkeen Rauman vedenpuhdistamoon. Laitoksenhoitaja pumppaa itse selkeyttimen pohjalle painuneen hydroksidisakan kammiosuodattimeen säännöllisesti.

### 5.1.6 Hiekkasuodatin L6



Kuva 11. Hiekkasuodatin.

Kaikki laitokselta poistuva vesi kulkee hiekkasuodattimen kautta. Hiekkasuodatin poistaa loput kiinteät epäpuhtaudet pois vedestä. Jatkuvatoimisen selkeyttimen ylijuoksusta pääsee pieniä määriä flokkiin sitoutunutta raskasmetallia, mutta hiekkasuodatin poistaa ne tehokkaasti. Hiekkasuodattimeen tuleva vesi ohjataan yläkautta suodattimeen, josta se kiertää alakautta altaaseen. Epäpuhtaudet jäävät hiekkaan ja mammuttipumppu imee hiekkaa kahteen kairaan. Kairassa puhdistetaan vielä puhtaalla vedellä. Kairan pyörivän liikkeen takia huono aines poistuu ja puhdas hiekka palautuu takaisin hiekka-altaaseen. Käytetty pesuvesi pumpataan uppopumpulla takaisin jatkuvatoimiseen linjaan.

### 5.1.7 Kammiosuodatin



Kuva 12. Kammiosuodatin

Selkeyttimestä lietesäiliöön pumpattu jätevesi on eroteltu lietteeksi. Lietesäiliöstä liete pumpataan kammiopuristimeen. Kammiopuristin koostuu rungosta ja siinä roikkuvissa koverretuissa kammiolevyissä. Kammiolevyihin tulee päälle suodatinkankaat, joihin liete tiivistyy paineen avulla kiinni. Neste valuu kammiolevyistä pois ja päätyy uudelleen jatkuvatoimiseen linjaan. Kun kammiosuodattimen suodatinkankaat ovat täynnä, niin kammiosuodatin kuivataan, jolloin saadaan kiinteätä hydroksidisakkaa.

## 6 VIKAANTUMISHERKÄT LAITTEET

Tässä luvussa luetteloidaan vesilaitoksen vikaantumisherkät laitteet ja tutkitaan niiden kunnossapitoon liittyviä ennakoivia huoltoja.

### 6.1 Magneettivetoiset keskipakopumput



Kuva 13. Magneettivetoinen keskipakopumppu

Pumput (katso laiteluettelo) ovat käytössä vesilaitoksella varastosäiliöissä, joista käsiteltävät jätteet pumpataan joko jatkuvatoimiseen linjaan tai panostuskäsittely puolelle.

#### 6.1.1 Magneettivetoisten keskipakopumppujen Huolto

Pumput ovat suhteellisen huoltovapaita, koska pumpun tiivisteiden vuodot eivät ole ongelma. Alla olevat toimenpiteet varmistavat hyvän käyttövarmuuden.

- Pumpulta lähtevä filteri puhdistettava, kun virtausnopeus ei ole enää normaalilukemissa.

- Vesilaitoksen hoitaja tarkistaa joka vuorossa silmämääräisesti vuotojen varalta
- Kuuntelee pumpun käyntiään, onko normaaliään.
- Suositellaan pumpun varaosien tai vaihtopumpun helposti saatavuutta.

## 6.2 pH-anturit

Antureita käytetään panostuskäsittely puolella ja jatkuvatoimisella linjalla. Tarkoituksena on seurata nesteen pH:ta. pH-mittari mittaa vetyioneja (H<sup>+</sup>) laimeasta vesilioksesta. pH-mittauslaitteisto koostuu jännitemittariin yhdistetyistä kahdesta elektrodista, joista referenssielektrodi on useinmiten piilossa mittauselektrodin sisällä. Mittauselektrodin vetyioniherkkä lasikalvo on erittäin ohut ja rikkoutuu helposti. Sen takia mittauselektrodia, erityisesti sen kärkeä, on käsiteltävä varoen. Elektrodi mittaa jännite-eroa, joka syntyy mitattavan liuoksen ja elektrodin sisällä olevan nesteen välille. Lämpötila vaikuttaa pH-arvoon, mutta jätevesilaitoksella ei käytetä lämpötilakorjattuja antureita.

### 6.2.1 pH-anturin Huolto

pH-anturia säilytetään jatkuvasti nesteessä. Kuivana anturi ei säily ehjänä. Anturia ei saa koskaan jättää seisomaan kärkensä varassa. Elektrodin pH-herkkä pinta vaurioituu ja pahimmassa tapauksessa koko elektrodi saattaa rikkoontua. Anturia huolletaan pesemällä väkevällä suolahapolla ja tämän jälkeen puhtaalla vedellä päivittäin sekä vähintään kerran viikossa suoritetaan laitteen vertailumittauksen. Vertailumittaus tehdään ottamalla jatkuvatoimisesta linjan altaista L1, L2 ja L3 pH-näyte, joka mitataan laboratoriossa. Laboratorion ja altaan näytteitä verrataan toisiinsa ja mikäli pH erot poikkeavat enemmän kuin  $\pm 0,5$  pH-astetta, suoritetaan elektrodin kalibrointi tai

vaihdetaan uusi tilalle, = nykykäytäntö, ehdotetaan pH-anturin eliniän pidentämiseksi ja mittaustarkkuuden parantamiseksi seuraavaa menetelmää noudattaen:

- Ensiksi puhdistus juoksevilla vedellä ja käyttäen tarpeen mukaan pehmeää harjaa ja/tai pehmeää paperia, pH-mittauslaitteisto koostuu jännitemittariin yhdistetyistä kahdesta elektrodista, joista referenssielektrodi on useimmiten piilossa mittauselektrodin sisällä. Mittauselektrodin vetyioniherkkä lasikalvo on erittäin ohut ja rikkoutuu helposti. Sen takia mittauselektrodia, erityisesti sen kärkeä, on käsiteltävä varoen.
- Mikäli anturin pää ei puhdistu edellä mainitulla menetelmällä, käytetään 5 % suolahapolla (litraan vettä korkeintaan 42 ml HCL 37 %) maksimi sallittu puhdistusaika on viisi minuuttia.
- Vertailumittaus tehtäisiin vertailemalla käyttöpaikalla oleviin kalibrointiliuoksiin seuraavasti:
  - L1 vertailtaisiin puskuriliuokseen arvoltaan pH 4.
  - L2 vertailtaisiin puskuriliuokseen arvoltaan pH 7.
  - L3 vertailtaisiin puskuriliuokseen arvoltaan pH 10.

Ennen vertailumittauksen tekoa anturit tulee olla puhdistettuja ja kuivattuja, jottei kalibrointineste pilaantuisi.

### 6.3 eH-anturi

Redox-potentiaali määrittää nesteessä olevien hapetus- tai pelkistysaineiden määrän. Tämän suureen mittaus on epätarkkaa, koska mittaus riippuu vahvasti pH:sta ja mitattavan aineen väkevyydestä. Redox-mittaukseen käytetään jätevesilaitoksella jatkuva-toimisella linjalla kuusiarvoisesta kromista ( $\text{Cr}^{6+}$ ) liuoksen pelkistymiskykyä kolmiarvoiseksi kromiksi ( $\text{Cr}^{3+}$ ) eli vastaanottaa elektroneja natriumbisulfiitilta. Tämän johdosta seuraavat ehdot tulee toteutua, jotta pelkistymisprosessi toimisi:

- Mitattavan nesteen pH tulee olla vakaa 2,5.
- Pelkistymisen mittauksen asetusarvoksi asetettu sellainen luku, joka varmistaa kromin kuusiarvoisen pelkistymisen kolmiarvoiseksi.

### 6.3.1 eH-anturin Huolto

Suositellaan samaa puhdistuskeinoa, kuin pH-mittarissa. Vertailumittaus tehtäisiin käyttöpaikalla käyttäen redox-vertailuliuosta 255mV. Ehdotetaan hyväksyttäväksi poikkeamaksi  $\pm 25$  mV.

## 6.4 UV-sterilointilamppu



Kuva 14 UV sterilointilamppu

UV-sterilointilamppu on asennettu puhtasvesiputkistoon hävittämään bakteerit ultraviolettivalon avulla. Tämä on käytössä vesilaitoksen puhtaassa ionisoidussa vedessä ennen kuin vesi päättyy kromaamoiden käyttöön. Bakteerit ja levät saattavat aiheuttaa kromaamon tuotteissa roskaisuusongelmia.

### 6.4.1 UV-sterilointilampun Huolto

UV-lamppu pitää vaihtaa vuoden välein kesähuollon aikana. Lisäksi monitoria tulee tarkkailla hälytysten varalta. Laite on suunniteltu huoltovapaaksi, kuitenkin se voi vaatia huoltoa seuraavissa tapauksissa:

1. Ajan kuluessa UV-lampun teho laskee. Tämän takia lamppuja joutuu vaihtamaan.
2. Huolto on välttämätöntä vain jos:

a) Keltainen led-valo syttyy.

Kvartsivaippa ja sensorin ikkuna ovat voineet likaantua varsinkin kun keltainen led-valo on palanut kauan. Varmistaaksesi lampun toiminnan nämä tulee puhdistaa. Mikäli keltainen led-valo palaa yhä, vaihda UV-lamppu.

b) Punainen led-valo syttyy.

Voi johtua seuraavista syistä:

1. Kvartsivaippa ja sensorin ikkuna ovat likaantuneet voimakkaasti. Ennen UV-lampun vaihtoa puhdista edellä mainitut osat, mikäli punainen led-valo palaa yhä, niin vaihda UV-lamppu.
2. Veden laatu voi heiketä voimakkaasta virtausnopeuden vaihteluista vähentäen UV-valon läpäisykykyä vedessä. Tarkista pumppujen toimintakyky. Hälytys nollaantuu automaattisesti ongelman poistuessa.

/7/

## 6.5 UV-lampun jälkeinen suodatin



Kuva 15 UV-lampun jälkeinen suodatin

UV-lampun jälkeen tapahtuu veden suodatus patruunasuodattimilla. Patruunat vaihdetaan säännöllisesti kun meno- ja tulopaine-ero häviötä on yhden baarin verran. Normaalitylanteessa meno- ja paluupaine ovat 5.5 baaria eli paine-eroa lähes nolla.



## 6.6 Ionivaihdetun veden patruunasuodatin



Kuva 16 Ionivaihdetun veden patruunasuodatin

Puhdas vesi kulkeutuu ioninvaihtimiin patruunasuodattimien kautta, jotka suodattavat kiinteät likaiset aineet. Suodattimia on kaksi kappaletta ja molemmissa on kaksitoista kappaletta patruunoita, joihin jää epäpuhtaudet.

### 6.6.1 Patruunasuodattimen Huolto

Huolto tapahtuu vaihtamalla lankapatruunat kun suodattimen tulo- ja menopaine-erot ylittävät noin 1.5 baaria. Lisäksi suodattimien sisäosat puhdistettava runsaalla vedellä, jotta suodattimien sisäpuoli olisi mahdollisimman puhdas. /8/

## 6.7 Annostelukalvopumput



Kuva 17. Kalvoannostelupumppu

Annostelukalvopumppuja käytetään kemikaalien annosteluun esimerkiksi jatkuva-toimisessa neutralointilinjassa. Laitteen häiriöttömällä toiminnalla varmistetaan linjan toimivuus. Ongelmia pumpun toimivuuteen aiheuttaa yleensä kalvon rikkoontuminen ja takaiskuventtiilien likaantuminen.

### 6.7.1 Kalvoannostelupumpun huolto

Kuluvien osien, kuten kalvojen, tiivisteiden ja kuulien vaihtoväliksi suositellaan yhtä vuotta: Kyseessä olevat pumput kuuluvat käyttöhenkilökunnan päivittäisiin silmämääräisiin tarkastuksiin. Tarkastuksissa tutkitaan mahdolliset letkujen vuodot ja pumpun toimivuus. Pumppuun on mahdollista joutua kiinteitä partikkeleita, jotka voivat pumpun takaiskuventtiilin tai filtterin. /9/

## 6.8 Magneettitoiminen kalvoannostelupumppu



Kuva 18. Magneettitoiminen kalvoannostelupumppu

Tämän pumpun toimintaperiaate on sama kuin edellä mainitulla pumpulla, mutta tätä käytetään pienien määrien annosteluun esimerkiksi saostusapuaineen pumppaukseen.

### 6.8.1 Magneettitoimisen kalvoannostelupumpun huolto

Pumppu kuuluu jokapäiväiseen visuaalisen tarkkailun piiriin. Kuluvien osien, kuten kalvojen, tiivisteiden ja kuulien vaihtoväliksi suositellaan yhtä vuotta. Tarkastuksissa tutkitaan mahdolliset letkujen vuodot ja pumpun toimivuus sekä kalibroidaan annostelutarkkuus mittaamalla vakioajassa annostelumäärä. /8/

## 6.9 Ilmatoiminen kaksoissylinteriannostelupumppu



Kuva 19. Ilmatoiminen kaksoissylinteriannostelupumppu

Tätä pumpputyyppeä käytetään väkevien happojen ja emästen annosteluun. Pumput sijaitsevat kemikaalisäiliöiden päällä.

### 6.9.1 Ilmatoimisen kaksoissylinterin huolto

Käyttöhenkilökunta tarkkailee pumppujen toimivuutta ja raportoi mahdollisesta vikaantumisista huoltoryhmälle. Mahdollisia vikaantumisia ovat tiivisteiden kulumiset ja paineilman syötössä olevat häiriöt. / 9 /

## 7 PUTKISTOT

Laitoksella on kemikaali- ja vesiputkia, jotka ovat tehty kestämuovista PVC -, PEH – ja PVDF- muovista. Kemikaaliputkistot joutuvat suuremman rasituksen alle kuin ne putkistot, joissa liikkuu vettä. Kemikaaliputkistot joutuvat käsittelemään syövyttäviä aineita kuten natriummetabisulfaattia, laimeita ja väkeviä rikkihappoja, natriumhydrosidia ja suolahappoja. Kemikaaliputkissa paine voi ylittää 0,5 bar:n paineen ja putkiston koko on enimmillään DN 50. Lukuun 3.7 viitaten voidaan todeta putkiston kuuluvan hyvään konepajakäytäntöluokkaan ja näin ollen putkistojen tarkastukset voidaan korvata käyttöhenkilökunnan tarkkailulla sekä silmämääräisellä määrääikaistarkastuksella oheisen taulukon mukaisesti.

Kohde	Tarkastusväli	Tarkastaja
Kemikaaliputkistot Muut	Silmämääräinen tarkkailu Päivittäin +2 vuoden välein visuaalinen tarkastus	Käyttöhenkilökunta ja Huoltoryhmä
Kemikaaliputkistot PVC-letku	Silmämääräinen tarkkailu Päivittäin	Käyttöhenkilökunta

### 7.1 Putkistojen kunnossapito ja valvonta

Oheisessa taulukossa luetteloituna kaikki jäteveden käsittelyyn liittyvät putket.

Putki- linja	Virtaava aine	Lämpö- tila MAX/ MIN (°c)	Mit.vi rt. (dm <sup>3</sup> / h)	MAX. Käyttö- paine (bar)	Putkimate- riaali	Putki- koko	Put- ken pi- tuus (m)
V1- P1/P2/ P3	Cr.- pit.konsent r.	25/15	3000	2,4	PVC	DN50	50
V5-	Cr.-	25/15	3000	2,4	PVC	DN50	30

P1/P2/ P3	pit.konsent r.						
V2- P1/P2/ P3	Ha- pot/emäks et	30/20	6000	2,4	PVC	DN50	55
V3/V4- P1/P2/ P3	Vpesukon- sentr.	40/20	6000	1,8	PVC	DN50	60
K1- P1/P2/ P3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (96%)	20/10	200	6	PVDF	D20	16
K2- P1/P2/ P3	NaOH (45- 50%)	40/20	200	6	PEH	D20	20
K3- P1/P2/ P3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (25%)	40/20	68	6	PVC-letku	DN12	30
K4- P1/P2/ P3	NaOH (25%)	40/20	100,4	1,5	PVC-letku	DN12	28
K6- P1/P2/ P3	NaHSO <sub>3</sub> (20%)	20/10	68	6	PVC-letku	DN12	24
K3-L1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (25%)	40/20	68	6	PVC-letku	DN12	28
K3-L3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (25%)	40/20	68	6	PVC-letku	DN12	35
K4-L3	NaOH (25%)	40/20	68	6	PVC-letku	DN12	27
K4-L2	NaOH (25%)	40/20	68	6	PVC-letku	DN12	26
K6-L1	NaHSO <sub>3</sub>	20/10	34,92	1,25	PVC-letku	DN12	17

	(20%)						
K7-L4	Polyelek- tor, AN	20/10	68	6	PVC-letku	DN12	25

Putkistojen kuntoa tarkkaillaan joka vuorossa visuaalisesti huomioiden seuraavat yleisesti putkistoihin liittyvät heikot kohdat tai mahdolliset rikkoontumistavat:

- korroosiot
- vuodot
- kannakoinnit putkistoissa
- värähtelyt (mahdollisia pumppujen läheisyydessä)
- tiivisteet
- putkistojen supistukset ja laajennukset
- istutukset toisiin putkiin
- käyräkohdat
- laippaliitokset
- hitsausseamat /8/

Putkistojen vikojen havaitseminen voi olla kustannustehokkainta, kun tutkimus tehdään ei-rikkovilla testausmenetelmillä (Non-Destructive Testing, NDT). Tällaisissa tapauksissa putkistoja ei tarvitse tyhjentää. Silmämääräisessä tarkastuksessa pystytään havaitsemaan hyvin rajallinen määrä vikatyyppejä. NDT-menetelmät ovat jaoteltu akustisiin, säteilyyn perustuviin, optisiin ja muihin menetelmiin. Akustisiin menetelmiin kuuluvat ultraäänitarkastus, resonanssimenetelmä, akusto-ultraääni ja akustinen emissio. Säteilyyn perustuviin menetelmiin kuuluvat radiografinen tarkastus, mikromaaltotarkastus ja termografia. Optisia menetelmiä ovat holografia ja shearografia. Muihin menetelmiin luokitellaan silmämääräinen tarkastus, äänitarkastus ja pyörrevirtatarkastus sekä muita vähemmän käytettyjä kehittyneitä NDT-menetelmiä.

Tällaiset NDT-menetelmät eivät ole normaaleissa laitoksissa omassa käytössä, vaan nämä palvelut hankitaan ulkopuolisilta tarjoajalta. /9/

## 8 SÄILIÖT

Laitoksella sijaitsee useita eri säiliöitä. Säiliöiden ominaisuudet vaihtelevat säilöttävän nesteen mukaan. Vesilaitoksella on puhdasvesi- ja kemikaali- sekä varastosäiliöitä. Puhdasvesisäiliöitä on viisi kappaletta ja kemikaalisäiliöitä, joissa happoja neljä kappaletta. kemikaalivarastosäiliöitä on kolmetoista kappaletta.

### 8.1.1 Säiliöiden kunnossapito-ohjelma

Säiliöiden kuntoon liittyvien tarkastusten välit määräytyvät sijoitusten, sisällön vaarallisuuden, käytetyn materiaalin, käytöstä saatujen havaintojen ja tarkastustulosten sekä tehtyjen riskiarviointien ja valmistajan ohjeiden perusteella.

Vesilaitoksen säiliöt voidaan luokitella kahteen eri ryhmään: kemikaali – ja käyttö/varastosäiliöihin. Käyttö - ja varastosäiliöt kuuluvat vesilaitoksen hoitajien päivittäiseen tarkastuspiiriin ja mahdollisista vioista raportoidaan vastuuhenkilöille. Kemikaalisäiliöt tarkastetaan määrävälein.

Kohde	Tarkastusväli	Tarkastaja
Kemikaaliputkistot	2 vuoden välein	Huoltoryhmä
Kemikaalisäiliöt Ulkopuoli	3 vuoden välein	Tarkastukseen perehdytetyt henkilöt
Kemikaalisäiliöt Sisäpuoli	6 vuoden välein	Tarkastukseen perehdytetyt henkilöt
Käyttöaltaat	Kerran vuodessa	Laitoksen hoitajat

### 8.2 Kemikaalisäiliöiden kunnon seuranta

Säiliöiden määräaikaistarkastamisilla voidaan havaita mahdollisia materiaali-aurioita, joita varastoitava neste tai ulkopuoliset tekijät ovat saattaneet aiheuttaa. Tarkastaminen tapahtuu tavallisesti visuaalisella tarkastuksella havainnoimalla säiliön eri osia. ennen vahinkojen syntymistä ja näin välttyä tuotannon menetyksiltä sekä onnettomuuksilta, joilla voi olla vaikutusta niin ihmisiin kuin ympäristöönkin. Kemi-



kaalisäiliöissä tarkastetaan määrävälein säiliöiden ulko- ja sisäpuoli. Tarkastuksista luodaan erillinen tarkastuspöytäkirja, jossa ilmenee oleelliset tiedot säiliön kunnosta. Liitteenä tarkastuspöytäkirja ja – ohje. Yleisesti kemikaalisäiliöt tarkistetaan säiliön rakenteellinen kunto, kansi, ylä- ja alareunat, vaippa ja pohja, sekä putkiyhteet.

Säiliömateriaaleista tarkastettavia mahdollisia virheitä

- Polymeerirakenteessa turpoamista,
- Liukenemista,
- Särönmuodostumista
- Värimuutoksia. /10/

Säiliön nimi	Aine	Materiaali	Tilavuus (m <sup>3</sup> )
K1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (92%)	PEH/LM)	10
K2	NaOH (45%)	PEH/LM	15
K13	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (KEM)	PEH/LM	3
K14	HCL	PEH/LM	6

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyössäni on kuvattu seikkaperäisesti jätevesilaitoksen toimintaperiaatetta ja eri laitteiden vaikutusta prosessin toimivuuteen. Uskon, että prosessin kuvausta voidaan hyödyntää esimerkiksi käyttöhenkilökunnan perehdytykseen tai prosessin kehitykseen jatkossa.

Kunnossapidon kannalta laitteiden yleinen siisteys ja puhtaus vaikuttavat laitteiden elinkään ja toimivuuteen sekä vikojen havaitsemiseen, kuten vuodot. Tämä ongelma voitaisiin ratkaista käyttöhenkilökunnan avulla ja/tai kunnossapidon toimesta.

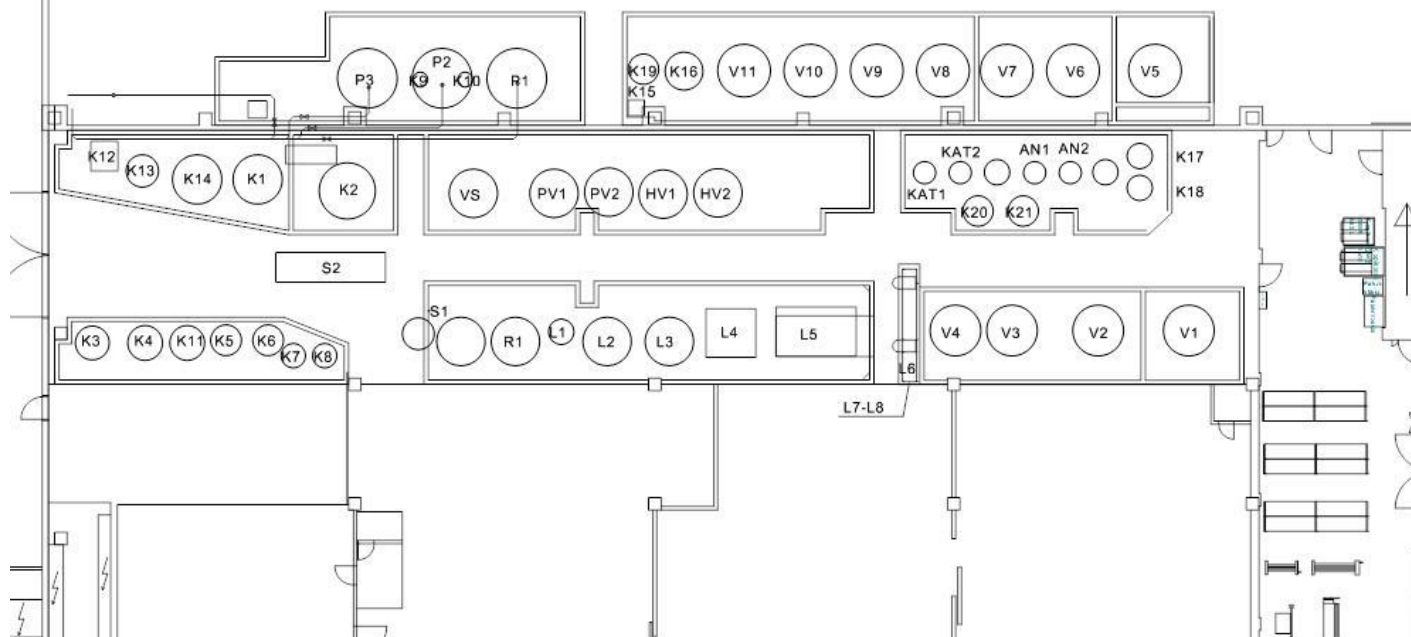
Jäteveden käsittelylinjan toimivuutta voidaan parantaa noudattamalla määriteltyjä kunnossapidon suunnitelmia ja analysoimalla vikaantumisia. Toimintatavan tulisi olla jatkuvan kehittämisen/ennakoivan toimintatavan mukainen. Tällä varmistettaisiin laitoksen tavoitteiden toteutuminen ja toimivuus. Jätän Oraksen päätettäväksi jätevesilaitoksen kunnossapidon menettelyt tulevaisuudessa.

Lisäksi haluan kiittää kromaamon henkilökuntaa asiantuntijalausunnoista ja kannustavasta tuesta.

## LÄHTEET

- /1/ Oras Oy:n www-sivut, viitattu 2014 [www.oras.com](http://www.oras.com)
- /2/ Aalto, H. 1994. Kunnossapitotekniikan perusteet, kunnossapitoyhdistys ry.
- /3/ Kunnossapito menestystekijä. 2010.  
<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>.
- /4/ Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, Kunnossapito, kunnossapitoyhdistys
- /5/ Turvatekniikan keskus 2003, TUKES opas kemikaaliputkistot [www.tukes.fi](http://www.tukes.fi).
- /6/ Unipuren www-sivut, viitattu 2015 [www.unipure.com](http://www.unipure.com)
- /7/ Installation and operation manual for UV sterilizer series UB2 & UB3, 2007, viitattu 2015 [www.ueberall.com](http://www.ueberall.com)
- /8/ Eeva, E. Huoltomies. 2015. Oras Oy. Haastattelu. 12.3.2015.
- /9/ Kivistö, T. Teknikko. 2015. Oras oy. Haastattelu. 25.2.2015.
- /10/ Tamminen, Kynäslähti, Alasmaa, 1992, Kunnossapito, VAPK-kustannus
- /11/ Lähteenmäki, H. 2011 Infrapunatermografia vaiheistetun ultraäänitarkastuksen apuna lasikuitulujitetun muovin NDT-tarkastuksessa. Kandidaatin työ. Espoo: Aalto-yliopisto.
- /12/ TUT, Polymeerimateriaalien perusteet 2010

## VEDENKÄSITTELYTILA



<b>L1</b>	Pelkistys	<b>K10</b>	Polyelektrolyytti	<b>V8</b>	Kromipitoiset huuhteluvedet
<b>L2</b>	Saostus	<b>K11</b>	Kalsiumkloridi	<b>V9-11</b>	Huuhteluvedet
<b>L3</b>	Neutralointi	<b>K12</b>	Natriumbisulfiitin liuo- tus	<b>P1</b>	Panoskäsittely Kromipitoiset jätevedet
<b>L4</b>	Flokkaus	<b>K13</b>	Kemiallinen rikkihappo	<b>P2-3</b>	Panoskäsittely hapot/emäksiset
<b>L5</b>	Selkeytin	<b>K14</b>	Suolahappo	<b>S1</b>	Kammiosuodatinpuhdasvesi
<b>L6</b>	Hiekkasuodatin	<b>K15</b>	Laimennettu kemiallinen rikkihappo	<b>S2</b>	Hydroksidisakka
<b>L7-L8</b>	Näytteenotin- viemäri	<b>K16</b>	Kemiallinen nikkeli jäte	<b>R1</b>	Rejektivesi
<b>K1</b>	Lipeäsäiliö	<b>K19</b>	Typpihappo jäte	<b>VS</b>	Vesisäiliö
<b>K2</b>	Tekninen rikki- happo	<b>V1</b>	Kromipitoiset konsent- raatit	<b>PV1-2</b>	Puhdasvesi
<b>K3</b>	Laimennettu rik- kihappo	<b>V2</b>	Happamat liuokset	<b>HV1-2</b>	Huuhteluvesi
<b>K4</b>	Laimennettu lipeä	<b>V3</b>	Pesuliuokset		
<b>K5</b>	Natriumbisulfiitti	<b>V4</b>	Emäksiset liuokset		
<b>K6</b>	Natriumbisulfiitti	<b>V5</b>	Kromipitoiset konsent- raatit		
<b>K8</b>	Polyelektrolyytti	<b>V6-7</b>	Happamat konsentraatit		

Laite	numero	kuva	prioriteetti	Tarkastusväli	määrä väli	kemikaalila	viimeinen tarkastuspvm	Tarkastusväli/ vuotta	seur. Tarkastus	Tarkastusmenetelmä
Säiliö				6 Kerran vuodessa						
Säiliö				6 Kerran vuodessa						
Säiliö				6 Kerran vuodessa						
Säiliö				6 Kerran vuodessa						
Säiliö				6 Kerran vuodessa						
Säiliö	50% Lipeä K2 15 m3			7 Määrä ajoin	3 vuotta	x	8.11.2010	3		
Säiliö	Tekninen Rikkihappo 92 % K1 10 m3			7 Määrä ajoin	3 vuotta	x	8.11.2010	3		
Säiliö	Kemiallinen rikkihappo 3 m3			7 Määrä ajoin	3 vuotta	x	8.11.2010	3		
Säiliö	Suolahappo 5 m3			7 Määrä ajoin	3 vuotta	x	8.11.2010	3		
Säiliö	Kromipit. Panoskäsittely			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Hapot/emäkset. Panoskäsittely			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Hapot/emäkset. Panoskäsittely			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Kalsiumkloridi			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Rikkihappo laimea			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Lipeä laimea			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Natriumbisulfiitti			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Polyelektrolyytti			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Kromipitoiset konsentraatit			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Happamat liuokset			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Pesuliuokset			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Emäksiset liuokset			6 Kerran vuodessa						
Säiliö	Kromipitoiset konsentraatit			6 Kerran vuodessa					0.1.1900	
Säiliö	Happamat konsentraatit			6 Kerran vuodessa					0.1.1900	
Säiliö	Happamat konsentraatit			6 Kerran vuodessa					0.1.1900	
Säiliö	Kromipitoiset huuhteluvedet			6 Kerran vuodessa					0.1.1900	
Säiliö	Huuhteluvedet			6 Kerran vuodessa					0.1.1900	
Säiliö	Huuhteluvedet			6 Kerran vuodessa					0.1.1900	
Säiliö	Huuhteluvedet			6 Kerran vuodessa					0.1.1900	
Suodatin	Hiekkasuodatin			3 Kerran viikossa					0.1.1900	